

**ANNE CAROLINE SILVA MEIRA**

**ANÁLISE ESTRUTURAL DA VEGETAÇÃO E ESTIMATIVA DO  
SEQUESTRO DE CARBONO EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO  
MISTO, LARANJEIRAS, SERGIPE**

**SÃO CRISTÓVÃO – SE**

**2018**

**Anne Caroline Silva Meira**

**ANÁLISE ESTRUTURAL DA VEGETAÇÃO E ESTIMATIVA DO SEQUESTRO  
DE CARBONO EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO, LARANJEIRAS,  
SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Ciências Florestais, Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Engenheira Florestal.

**São Cristóvão – SE**

**2018**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS - CCAA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - DCF

**ANÁLISE ESTRUTURAL DA VEGETAÇÃO E ESTIMATIVA DO SEQUESTRO  
DE CARBONO EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO, LARANJEIRAS,  
SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Ciências Florestais, Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Engenheira Florestal.

APROVADA: 12 de Março de 2018

ORIENTADO: Anne Caroline Silva Meira

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Anabel Aparecida de Mello  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira  
(Avaliador)

---

Prof. Dr. João Basílio Mesquita  
(Avaliador)

## **AGRADECIMENTOS**

Não poderia chegar ao término desse ciclo sem antes agradecer a todos aqueles que direta ou indiretamente participaram comigo e contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha caminhada.

Primeiro, a Deus pela vida, saúde, força e sabedoria. E por nunca ter deixado que os desafios pusessem em jogo o meu objetivo final. Ele que sempre se fez presente, até nos momentos em que ninguém pôde me ajudar.

À minha família e amigos, que vibraram e torceram por mim a cada conquista, principalmente, à minha mãe Valdenice, por todos seus sacrifícios em prol do meu sucesso, pelo apoio e confiança de sempre, compreensão pela ausência em muitos momentos e o carinho que fortalecia o espírito nos momentos difíceis – a senhora é digna de todo meu amor e minha gratidão.

Ao meu pai Anderson, que de sua forma, preocupou-se e transmitiu seu amor, e ao meu irmão Waldson por todo carinho, apoio e companheirismo.

Aos meus tios Andreza e Bruno por me acolherem tão bem em sua casa e me servirem de inspiração, sendo para mim conselheiros e orientadores.

Ao meu noivo Pedro, por todo o companheirismo, por sempre me apoiar em todos os momentos e acreditar no meu potencial. E por sempre me lembrar que é preciso parar e aproveitar cada um dos momentos bons da vida.

À toda a equipe da SEMARH – SBF, em nome do Superintendente e meu supervisor de estágio Elísio Marinho, pelas oportunidades, por todos os ensinamentos passados e por toda compreensão e flexibilidade nessa reta final do curso.

Aos companheiros de vida acadêmica e de campo: Bruna, Pedras (Jéssica), Rafa, Alisson, Raynara, Jadson e Wesley; não daria para citar cada colega que foi imprescindível à execução dos trabalhos de campo, sem vocês o desenvolvimento desse e dos trabalhos de Iniciação Científica seria impossível – Obrigada!!!

Um agradecimento muito especial aos doutores da Engenharia Florestal, meus professores, e agora quase colegas de profissão, por todo o conhecimento transmitido. Em especial, à minha orientadora Anabel Aparecida de Mello e ao meu coorientador Robério Anastácio Ferreira por terem confiado no meu potencial, por toda orientação e oportunidades oferecidas. Ao professor João Basílio Mesquita por sempre ter me socorrido e orientado e, principalmente, por ter aceitado participar desse momento. Obrigada por todas as críticas e sugestões visando meu crescimento profissional. Vocês serão sempre fontes inspiradoras!

Ao CNPq, COPES e FAPITEC pelo apoio financeiro-institucional concedido.

Por fim, estendo a todos a minha imensa GRATIDÃO!!!

Carrego comigo a certeza de que nunca estarei só!

“Quando amamos o que fazemos, as pequenas  
pedras no caminho não são capazes de desviar a  
nossa trajetória”

Eduardo Moreira

## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	3
2.1. Geral.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1. Análise estrutural da vegetação .....	4
3.2. Importância das florestas para a mitigação do efeito estufa .....	5
3.3. Quantificação da biomassa florestal .....	7
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4.1. Caracterização da área de estudo.....	10
4.2. Coleta e Análise de Dados .....	10
4.3. Análise Estrutural da Vegetação .....	11
4.4. Estimativa da biomassa e do teor de carbono .....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1. Análise estrutural da área.....	16
5.2. Biomassa e Carbono .....	25
6. CONCLUSÕES.....	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

## RESUMO

Atualmente a ação antrópica tem sido a principal causadora do cenário de degradação dos ecossistemas naturais, gerando efeitos negativos, dentre eles a intensificação do aquecimento global. Em virtude disso, o conhecimento sobre o papel das florestas na mitigação desses efeitos contribui efetivamente para criação de ações e políticas de conservação e restauração florestal. O presente trabalho foi realizado como objetivo de levantar e discutir informações sobre uma comunidade arbórea em área de restauração, implantada nos anos de 2004 e 2005, no município de Laranjeiras, Sergipe, através da avaliação florística, fitossociológica e estimativa de biomassa e carbono, tendo em vista a carência de estudo da vegetação natural no estado de Sergipe, principalmente no domínio do bioma Mata Atlântica. O levantamento dos dados foi realizado através de três inventários florestais consecutivos utilizando-se 30 parcelas instaladas sistematicamente na área, totalizando 1,8ha de área amostrada, onde foram mensurados a circunferência à altura do peito (CAP) e altura total e identificados todos os indivíduos com  $CAP \geq 15\text{cm}$ . A quantidade de biomassa e o teor de carbono da área foram estimados pelo método indireto, considerando o uso de equação alométrica desenvolvida para povoamentos jovens de restauração florestal. A composição florística constatou a ocorrência de 22 espécies na área amostrada, com destaque para *Schinus terebinthifolia* Raddi, que apresentou nas três avaliações os maiores índices fitossociológicos. A distribuição diamétrica apresentou uma tendência na sua representação gráfica em seguir o padrão geral das florestas inequianes, ou seja, em “J” invertido. A estrutura vertical apresentou um estrato dominante composto por indivíduos de altura intermediária, variando de 3,0 a 13,0 metros, e com a predominância de espécies pioneiras. Os estoques totais de biomassa e carbono acima do solo foram de 15,64ton/ha e 6,44ton/ha, respectivamente para o ano de 2014, aumentando em 2015 para 18,44ton/ha e 7,59ton/ha e em 2016 para 21,13ton/ha e 8,70ton/ha, sendo o incremento periódico anual (IPA) de 2,7ton/ha/ano para a biomassa e 1,1ton/ha/ano para o carbono. As informações geradas por esse estudo podem fornecer suporte para programas de conservação de florestas naturais e de restauração de áreas degradadas que visem promover um aumento do estoque de carbono no local e a comercialização de créditos de carbono florestal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mata Atlântica; Restauração florestal; Biomassa.

## 1. INTRODUÇÃO

As ações antrópicas sobre os ecossistemas florestais têm sido uma das principais causas da degradação e fragmentação dos remanescentes naturais e da perda da biodiversidade, resultando quase sempre em efeitos negativos (SCHNEIDER *et al.*, 2003; NOSSACK *et al.*, 2011). Dentre as consequências geradas, estão as mudanças climáticas, causadas principalmente pela queima de combustíveis fósseis e a mudança do uso do solo, o que tem contribuído para o aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera e, conseqüentemente, acelerado o processo de Aquecimento Global (ALMEIDA *et al.*, 2010; VIEIRA, 2011). As alterações no clima têm ficado cada vez mais evidentes e os impactos que essas mudanças exercerão sobre os sistemas humanos e naturais são preocupantes (BORGES *et al.*, 2017).

Esse cenário despertou uma atenção ainda maior para as florestas, em virtude do importante papel das mesmas na ciclagem de carbono, ao desempenharem uma dupla função: fonte de propagação de  $CO_2$  em decorrência da queima e desmatamento da cobertura florestal e, em contrapartida, como um importante sumidouro desse elemento, uma vez que as árvores armazenam carbono por meio da fotossíntese, conforme demonstram uma série de estudos sobre o papel das florestas tropicais no ciclo do carbono (NOBRE, 2001; MIRANDA, 2008; PEREIRA, 2013).

As formas válidas e legítimas de mitigar o carbono florestal emitido podem ser basicamente três: a preservação dos estoques de carbono nas florestas já existentes, através da proteção desses remanescentes naturais; o aumento do estoque de carbono florestal, por meio de práticas de manejo sustentável, regeneração florestal, florestamento e reflorestamento em áreas degradadas; e a substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa de origem vegetal, de forma sustentável (CHANG, 2002; BRITEZ *et al.*, 2006).

Tendo em vista esse foco, o Brasil poderá assumir uma posição privilegiada em relação aos países que buscam reverter o processo de mudanças climáticas global, por possuir a segunda maior área de florestas naturais do planeta e abrigar a maior biodiversidade. As florestas brasileiras apresentam grande heterogeneidade florística e estrutural, com grande potencial para geração de produtos e serviços com as mais diversas finalidades (PASSOS e BRAZ, 2004; AMARO, 2010).



Dessa maneira, a realização de monitoramento periódico de uma comunidade florestal possibilita conhecer sobre sua estrutura e o comportamento, através da realização de estudos relacionados à fitossociologia, à dinâmica e à quantificação dos estoques de biomassa e carbono em florestas, contribuindo efetivamente na avaliação das perspectivas e estratégias de conservação, ou mesmo, na restauração dos recursos naturais em longo prazo (MELO e DURIGAN, 2006; LÍBANO e FELFILI, 2006; SILVA NETO, 2011).

A realização de estudos sobre o estoque de carbono e a composição estrutural de florestas nativas e em restauração no estado de Sergipe é de suma importância, em virtude da escassez de informações sobre a vegetação natural no estado e por essas áreas serem fonte de emissão de gases de efeito estufa em razão do desmatamento ilegal. Esses estudos geram informações que contribuem para a criação de ações e políticas de conservação e manejo de remanescentes florestais, bem como subsidiar programas de restauração de áreas degradadas (SILVA, 2014).

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Geral**

O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar uma área de reflorestamento misto de Mata Atlântica, localizada no município de Laranjeiras, Sergipe, a fim de se conhecer sua estrutura e composição florística, bem como o estoque de biomassa contida nos indivíduos arbóreos, após 11 anos de implantação do projeto de restauração.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Análise estrutural da vegetação**

Para a caracterização de uma formação florestal, além do reconhecimento das espécies de ocorrência na área, parte que é denominada florística, também é necessária uma avaliação estrutural da vegetação, objetivando analisar seu desenvolvimento (LONGHI *et al.*, 2000).

A florística e a fitossociologia fundamentam-se em características fisionômicas e estruturais, gerando informações sobre a riqueza, diversidade e funcionamento da área estudada, e são as que melhor atendem aos requisitos de simplicidade de realização e análise de um maior número de informações conjuntas, além de embasar a realização de outros estudos (FREITAS e MAGALHÃES, 2012).

O estudo da estrutura de uma vegetação detecta o estágio no qual a floresta se encontra, bem como as alterações que sofre, visando fornecer informações quantitativas e qualitativas sobre a estrutura horizontal e vertical, por meio de levantamentos fitossociológicos (FERNANDES e BEZERRA, 1990; SCOLFORO, 1998).

A estrutura horizontal faz inferência à participação de cada espécie dentro da comunidade e sua distribuição espacial na área, sendo analisada por meio dos parâmetros: densidade, dominância e frequência em valores absolutos e relativos e pelos índices de valor de cobertura e valor de importância (SCOLFORO, 2006; MOREIRA *et al.*, 2007).

Outro importante método de avaliação da estrutura horizontal de uma comunidade florestal é através da distribuição diamétrica (BARTOSZECK, 2000). Na realização de um inventário florestal, o diâmetro ou a circunferência à altura do peito apresenta importância singular, uma vez que esta é uma variável de direta e fácil mensuração, além de constituir a base para o cálculo ou estimativa de outras variáveis como: volume, área basal, altura, sortimentos etc. (MACHADO *et al.*, 2009). Dessa forma, a distribuição diamétrica em classes representa um ótimo indicador do estoque do crescimento do componente florestal (BARTOSZECK, 2000).

Por ser uma variável indicativa do crescimento florestal, a distribuição dos diâmetros em classes gera subsídios para determinação do potencial de utilização de povoamentos florestais (ARAÚJO JÚNIOR *et al.*, 2010), fornecendo ainda prévio conhecimento sobre o estoque de madeira disponível para exploração e gerando informações que podem auxiliar na elaboração de um plano de manejo (FERREIRA, 2011). Além disso, possibilita a avaliação do comportamento da regeneração, da

mortalidade e do crescimento de uma área em processo de recuperação (ENCINAS *et al.*, 2009).

O estudo da distribuição diamétrica foi iniciado em 1898 por Liocurt, propondo que em floresta heterogêneas a distribuição dos diâmetros em classes tende à forma de um “J” invertido podendo representar uma distribuição balanceada (LIMA, 2014). Esse modelo de distribuição é a forma mais comumente utilizada para representar formações vegetais naturais, apresentando-se com maior proporção de indivíduos nas classes de menor tamanho, reduzindo essa proporção na medida em que se aumenta a amplitude das classes (FELFILI e SILVA JÚNIOR, 1988).

Outro método de análise da estrutura de uma comunidade vegetal é através da estratificação vertical ou hipsométrica, tornando possível a obtenção de informações sobre o nível de estratificação da comunidade, evidências dos estágios sucessionais das espécies em estudo, como também verificar a composição de um povoamento dinâmico (SANQUETTA, 1995; SCOLFORO, 2006).

Essa análise pode ser realizada através dos Índices de Posição Sociológica, avaliando-se os indivíduos em estratos de alturas (superior, médio e inferior) e do Índice de Valor de Importância Ampliado, destacando-se a real importância do indivíduo dentro da comunidade (SCOLFORO, 2006).

Usualmente, a avaliação da estrutura de uma formação florestal tem como base as variáveis dendrométricas: Altura Total (HT) e o Diâmetro à Altura do Peito (DAP), sendo analisadas segundo sua distribuição em classes ou compondo a estrutura horizontal e vertical através dos parâmetros fitossociológicos de uma floresta (MARANGON *et al.*, 2008; GOMIDE *et al.*, 2009).

Quando realizados periodicamente e em parcelas permanentes, os estudos florísticos e fitossociológicos permitem avaliar o comportamento de uma comunidade florestal ao longo do tempo, constituindo-se dessa forma estudos de dinâmica florestal (FELFILI *et al.*, 2005). Os resultados obtidos possibilitam comparações dentro de um mesmo componente florestal ou entre componentes diferentes, gerando informações sobre a riqueza e a diversidade de uma determinada área (MELO, 2004).

### **3.2. Importância das florestas para a mitigação do efeito estufa**

A velocidade e intensidade com que as mudanças climáticas estão acontecendo tem despertado a preocupação da comunidade científica e de alguns líderes mundiais, principalmente nas duas últimas décadas. Essas mudanças são provocadas pelo fenômeno

do aquecimento global, causado pelo acúmulo excessivo de gases de efeito estufa, sendo um problema global que já faz sentir seus efeitos (MIRANDA, 2008).

O efeito estufa é um fenômeno físico que acontece naturalmente. Sem os Gases de Efeito Estufa (GEEs), que atuam como um cobertor natural ao redor da terra, a radiação infravermelha térmica solar absorvida pela Terra se dissiparia pelo espaço, e a temperatura média da superfície do planeta seria 33°C menor do que é hoje (SANQUETTA *et al.*, 2004).

No entanto, a ação antrópica, principalmente através da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento de florestas naturais para mudança de uso do solo, tem aumentado consideravelmente as emissões dos gases de efeito estufa, provocando mudanças climáticas severas (MOUTINHO e BUENO, 2002).

As florestas nativas proporcionam produtos e serviços imprescindíveis para o bem-estar da humanidade. Além disso, atualmente, é evidente sua importância na ciclagem do carbono (PASSOS e BRAZ, 2004; AMARO, 2010). As florestas desempenham dupla função no balanço global de  $CO_2$ : como fonte de propagação em decorrência da queima e desmatamento da cobertura florestal e, em contrapartida, como um importante sumidouro desse elemento, uma vez que armazenam carbono na biomassa das árvores, no sub-bosque, na serrapilheira e no solo florestal, por meio da fotossíntese (NOBRE, 2001; MIRANDA, 2008; PEREIRA, 2013).

As formas válidas e legítimas de mitigar o carbono florestal emitido podem ser basicamente três: a preservação dos estoques de carbono nas florestas já existentes, através da proteção desses remanescentes naturais; o aumento do estoque de carbono florestal, por meio de práticas de manejo sustentável, regeneração florestal, florestamento e reflorestamento; e a substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa de origem vegetal, de forma sustentável (CHANG, 2002; BRITEZ *et al.*, 2006).

O potencial de armazenar carbono por meio de florestamento ou reflorestamento é de suma importância, pois possibilita a orientação de projetos que visam à fixação de carbono, com a consequente mitigação das mudanças climáticas (WEBER *et al.*, 2006).

A capacidade de fixação de carbono pelas florestas nativas varia enormemente de região para região, de acordo com a tipologia florestal, solo e manejo florestal aplicado (MIRANDA, 2008).

É notório que as florestas tropicais são caracterizadas por uma elevada taxa de produtividade primária, retendo consideráveis quantidades de carbono da atmosfera,

principalmente nas suas fases iniciais de crescimento, quantidade esta que é reduzida proporcionalmente com o crescimento da floresta (PROCLIMA, 2008).

Dessa forma, o Brasil possui grande vantagem em relação aos países que buscam reverter o processo de mudança climática global, por abrigar a segunda maior área de florestas nativas tropicais do planeta, que apresentam grande heterogeneidade florística e estrutural, com enorme potencial para geração de produtos e serviços com as mais diversas finalidades (PASSOS e BRAZ, 2004; AMARO, 2010).

Gradativamente, o futuro da humanidade será cada vez mais dependente das florestas, uma vez que, além de serem fonte alternativa de energia, por se tratar de um recurso natural renovável, também contribui decisivamente para redução dos impactos ambientais do chamado efeito estufa e das implicações nas mudanças climáticas (SANQUETTA *et al.*, 2004).

O acordo firmado em 2001, em Marrakesh, aprovou o sequestro de carbono pelas florestas como uma modalidade do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (SANQUETTA *et al.*, 2004). O MDL incentiva a sustentabilidade pelo desenvolvimento de fontes de energia alternativas e renováveis, pelo emprego de tecnologias limpas e pela remoção de emissões da atmosfera por meio de projetos de florestamento e reflorestamento (WATZLAWICK *et al.*, 2011).

A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO<sub>2</sub> deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, com países ou empresas que não conseguirem reduzir suas emissões, criando assim um atrativo para as reduções das emissões globais (ROCHA, 2003).

Diante disso, fica constatada a necessidade de realização de estudos que visem o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de métodos de quantificação dos estoques volumétrico, da biomassa e do carbono contidos nos ecossistemas florestais remanescentes. A obtenção de estimativas precisas desses estoques possibilita compreender o potencial das florestas no sequestro e armazenamento de carbono, assim como auxiliam nas tomadas de decisões sobre o uso desses recursos.

### **3.3. Quantificação da biomassa florestal**

O estudo da cineantropometria afirma que a alometria é a ciência que estuda a proporcionalidade corporal e que o crescimento de uma parte está relacionado com o crescimento de outra parte (BÖHME, 2000). Em uma definição de alometria mais abrangente Silva (2007) afirma que alometria é o ramo da ciência que estuda o crescimento

de uma parte do organismo em relação ao crescimento do organismo inteiro, ou parte dele e as consequências do tamanho sobre as formas e os processos, podendo esta definição ser utilizada nas diversas áreas em que o termo é empregado.

No setor florestal, desde o início do século XIX são realizados estudos sobre equações de volume para florestas, sendo essas, equações alométricas, uma vez que o objetivo é estimar o volume do fuste dos indivíduos arbóreos com base na coleta de dados de diâmetro e altura, por exemplo (SANQUETTA, 1996).

A alometria constitui atualmente uma importante ferramenta nos estudos de biomassa e do conteúdo de carbono das florestas, e o interesse por essas análises cresce a cada dia, devido ao importante papel das florestas em reduzir os impactos ambientais do efeito estufa e às suas implicações nas mudanças climáticas (SANQUETTA *et al.*, 2002). Ainda segundo os autores, o termo biomassa florestal pode compreender toda a biomassa existente em uma floresta ou apenas sua fração arbórea. Ao remeter-se aos diferentes métodos de determinação, os autores expõem ainda que os procedimentos de campo possam variar muito, segundo os objetivos e as restrições técnicas e orçamentárias.

Os estudos de biomassa de um componente florestal podem ser divididos em dois métodos: diretos (determinação) e indiretos (estimativas) (HIGUCHI e CARVALHO JÚNIOR, 1994). O método direto ou destrutivo envolve procedimentos de campo, como corte, separação e pesagem dos componentes da biomassa, sendo, portanto trabalhoso, demorado e oneroso (WATZLAWICK, 2003).

O método indireto é representado pelos modelos alométricos, que normalmente são desenvolvidos a partir de estudos das relações entre uma variável de difícil obtenção e algumas variáveis de fácil obtenção (BALBINOT *et al.*, 2009). Esse tipo de método faz uso de modelos de regressão (lineares e não lineares), cujas variáveis independentes são características diretamente mensuráveis dos indivíduos arbóreos, como diâmetro e altura, e as variáveis dependentes são aquelas que se quer encontrar, como peso da matéria seca e a quantidade de carbono (SOARES *et al.*, 2006; AMARO, 2010; ABREU, 2012).

Modelos alométricos que utilizam apenas o DAP como variável independente apresentam resultados tão consistentes quanto modelos que consideram também a altura (HIGUCHI *et al.*, 1998). Contudo, uma equação que considere mais de uma variável, como equação de biomassa que envolve tanto o diâmetro quanto a altura, produz estimativas mais concisas do que uma equação com apenas uma variável, por causa da informação adicional fornecida por esta segunda variável empregada (SANTOS, 1996).

A maioria dos estudos de biomassa florestal utiliza estimativa e não determinações por meio de métodos diretos, devido à inaplicabilidade deste último método em grandes extensões florestais (SANQUETTA *et al.*, 2004). O método indireto, ou as estimativas, são preferíveis por facilitar o trabalho de campo e reduzir os custos com a coleta de dados.

A estimativa da biomassa de uma floresta nativa pode variar muito com o tipo de floresta e o local onde se encontra (VOGEL *et al.*, 2006). Dessa forma, a escolha do modelo alométrico a ser usado é de fundamental importância, devendo ser feita com base na experiência em sua utilização, na relação entre as variáveis envolvidas e nas recomendações da literatura (SILVEIRA, 2008).

Portanto, os modelos matemáticos para estimativa da biomassa não são perfeitos e sim uma aproximação da realidade, apesar de exercerem um importante papel no ramo das ciências exatas e naturais, pois permitem realizar predições da situação de um elemento mensurável (SANQUETTA, 1996).

Atualmente, existem na literatura vários modelos alométricos para estimar o volume, a biomassa e a quantidade de carbono de espécies arbóreas, e também já foram realizados vários trabalhos sobre a quantificação de biomassa e carbono em espécies do bioma Mata Atlântica, podendo-se citar: Borges *et al.* (2017) em Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Watzalwick *et al.* (2012), Martins (2011) em Floresta Ombrófila Mista Montana; Barreto *et al.* (2014) em Floresta Ombrófila Mista e Trautenmüller (2015) em Floresta Estacional Decidual. No entanto há uma grande lacuna a ser preenchida sobre essa temática considerando-se a fisionomia de maior distribuição original do bioma, a Floresta Estacional Semidecidual (IESB, 2007), com enfoque no estado de Sergipe.



## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da área de estudo**

O estudo foi conduzido em uma área de compensação ambiental pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A. (antiga Cimesa). A área possui aproximadamente 46 ha e foi implantada nos anos de 2004 e 2005, através de parceria firmada entre a empresa e o curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Sergipe, como medida compensatória por suas atividades, conforme previsto na Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

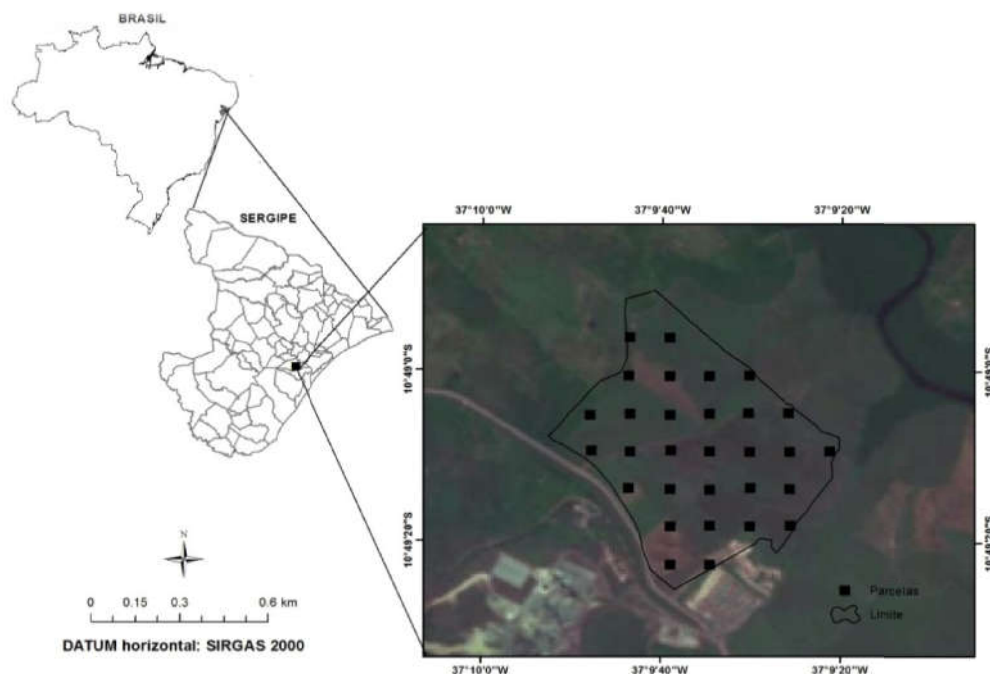
A área fica situada no município de Laranjeiras, a leste do território sergipano, entre as coordenadas 10°48'22" de latitude Sul e 37°10'18" de longitude Oeste, na microrregião do baixo Cotinguiba, cujas limitações são ao norte com os municípios de Maruim e Riachuelo, ao sul com Nossa Senhora do Socorro, a oeste com Areia Branca e Itaporanga D'Ajuda e a leste com Santo Amaro das Brotas (SERGIPE, 1976).

A vegetação predominante na região pertence ao domínio do bioma Mata Atlântica, caracterizada como Floresta Estacional Semi-decidual, segundo a classificação da vegetação brasileira (VELLOSO *et al.*, 1991). Apresenta clima predominante megatérmico seco e sub-úmido, com uma precipitação média anual de 1.279mm e uma temperatura média anual de 25,2°C (BARRETO e ALMEIDA, 2007).

O município de Laranjeiras situa-se sobre rochas do Grupo Sergipe e o relevo é representado pelas unidades geomorfológicas, superfícies dos rios Cotinguiba e Sergipe, que englobam relevos dissecados em colinas, cristas e interflúvios tabulares e a Planície Litorânea (BOMFIM *et al.*, 2002).

### **4.2. Coleta e Análise de Dados**

A coleta dos dados foi iniciada no ano de 2014, com a instalação de 30 parcelas permanentes distribuídas sistematicamente na área de estudo. As parcelas instaladas possuem área de 600 m<sup>2</sup> (20m x 30m) e estão equidistantes entre si a 127m, perfazendo uma área amostral de 1,8 ha (Figura 1).



**Figura 1. Localização e distribuição das parcelas em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, Sergipe.**  
 Fonte: Moura (2016).

Os indivíduos arbóreos tiveram suas CAPs (Circunferência à Altura do Peito) e alturas totais medidos, com o auxílio de fita métrica e vara telescópica, respectivamente, em inventário florestal contínuo por um período de 3 (três) anos. Na realização do primeiro inventário, no ano de 2014, foi estabelecido o critério mínimo de inclusão dos indivíduos arbóreos como sendo a  $CAP \geq 15\text{cm}$ . Foram realizadas coletas de material botânico, visando à identificação das espécies existentes na área. O sistema de classificação das espécies adotado foi o Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009).

Nos anos de 2015 e 2016 foram considerados ingressantes os indivíduos que não foram computados no primeiro inventário, passando a ser considerados na ocasião.

#### 4.3. Análise Estrutural da Vegetação

Após a coleta dos dados em campo, os mesmos foram organizados em planilha eletrônica Microsoft Excel e as CAPs foram transformadas em diâmetro à altura do peito (DAP, em cm). Devido à grande quantidade de árvores com dois ou mais fustes, foi utilizada a fórmula para obtenção dos diâmetros equivalentes.

$$DAP_{equivalente} = \sqrt{\sum_{i=1}^n gi^2}$$

Onde,

$$gi = \frac{\pi * DAPi^2}{4}$$

Posteriormente, os dados de 2015 e 2016 foram analisados com o auxílio do software Mata Nativa 2 (CIENTEC, 2005), instalado no Departamento de Ciências Florestais e licenciado para Universidade Federal de Sergipe.

O software Mata Nativa 2 gera informações acerca da florística dos indivíduos a partir dos parâmetros fitossociológicos: DAi= densidade absoluta; DRi= densidade relativa; FAi= frequência absoluta; FRi= frequência relativa; DoABi= dominância absoluta; DoRi= dominância relativa; IVI= Índice de Valor de Importância e o IVI= Índice de Valor de Importância (%).

De acordo com Moreira *et al.* (2007) foram calculados os seguintes parâmetros:

a) Densidade (D): refere-se ao grau de participação das diferentes espécies identificadas na comunidade vegetal.

a.1) Densidade absoluta (DAi): número de indivíduos de uma espécie com relação a uma unidade de área e é dado por  $DAi = Ni$ , onde DAi é densidade absoluta da espécie i e Ni o número de indivíduos da espécie i.

a.2) Densidade relativa (DRi): relação entre o número de indivíduos de uma determinada espécie (Ni) e o número de indivíduos de todas as espécies (N), sendo representada por:

$$DRi = \frac{DAi}{\sum DAi}$$

Onde:

DAi= densidade absoluta de cada espécie

$\sum DAi$ = densidade absoluta de todas as espécies

b) Dominância (Do): taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie e é normalmente representada pela área basal.

b.1) Dominância Absoluta (DoABi): calculada com base na área basal.

$$DoABi = \frac{ABi}{ha}$$

Onde:

$$ABi = \frac{\pi \times DAP^2}{40000} \text{ (área basal)}$$

ha = unidade de área

b.2) Dominância Relativa (DoRi): relação entre a área basal absoluta de uma determinada espécie (ABi) e a área basal absoluta de todas as espécies.

$$DoRi = \left( \frac{ABi}{\sum ABi} \right) \times 100$$

Onde:

ABi = área basal

$\sum ABi$  = área basal de todas as espécies

c) Frequência (F): probabilidade de se encontrar uma espécie numa unidade de amostragem e o seu valor estimado indica o número de vezes que a espécie ocorre, num dado número de amostras.

c.1) Frequência absoluta (FAi): percentual calculado considerando o número de parcelas em que determinada espécie ocorre (OCi) e o número total de parcelas amostradas (UA).

$$FAi = \left( \frac{OCi}{UA} \right) \times 100$$

Onde:

OCi = número de unidades amostrais em que i ocorre.

UA = número total de unidades amostrais.

c.2) Frequência relativa (FRi): valor percentual calculado para OCi de cada espécie em relação à frequência total ( $\sum OCi$ ), que é o somatório de todas as OCi.

$$FRi = \left( \frac{OCi}{\sum OCi} \right) \times 100$$

Onde:

OC i = número de unidades amostrais em que i ocorre.

$\sum OCi$  = somatória de ocorrências para todas as espécies.

d) Índice de Valor de Cobertura (IVC) e o Índice de Valor de Importância (IVI): são estimadores que expressam a importância ecológica da espécie no ambiente, sendo calculados pela soma da densidade relativa e da dominância relativa e pela soma da densidade relativa, da dominância relativa e da frequência relativa, respectivamente.

$$IVC = DRi + DoRi$$

$$IVI = DRI + DoRI + FRI$$

Onde:

DRi = densidade relativa.

DoRI = dominância relativa.

FRI = frequência relativa.

Para a avaliação da estrutura vertical, conforme a metodologia aplicada por Scolforo (2006) e Souza e Leite (1993), foram utilizados os seguintes índices:

a) Posição Sociológica: em que inicialmente foi realizada a estratificação vertical da comunidade em três estratos, inferior, médio e superior.

$$\text{Estrato Inferior} = hj < \bar{h} - 1 \times S$$

$$\text{Estrato Médio} = (\bar{h} - 1 \times S) \leq hj < (\bar{h} + 1 \times S)$$

$$\text{Estrato Superior} = hj \geq (\bar{h} + 1 \times S)$$

Em que:

$\bar{h}$  = média das alturas de todos os indivíduos amostrados;

S = desvio padrão das alturas totais (hj);

hj = altura total da j-ésima árvore individual.

Calculado os valores de cada estrato, procedeu-se com o cálculo do Valor Fitossociológico por estrato:

$$V.F. = \frac{n^{\circ} \text{ de indivíduos no estrato}}{n^{\circ} \text{ total de indivíduos observados}} \times 100$$

Para encontrar o valor absoluto da Posição Sociológica de cada espécie, o cálculo foi realizado pela equação abaixo.

$$PsA = [VF(Ei) \times n(Ei)] + [VF(Em) \times n(Em)] + [VF(Es) \times n(Es)]$$

Onde:

PsA = posição sociológica por espécie;

VF = valor fitossociológico por estrato;

Ei, Em, Es = estratos inferior, médio e superior, respectivamente;

n = número de indivíduos por espécie estudada.

b) Índice de Valor de Importância Ampliado: importância real de cada espécie dentro do povoamento florestal, reunindo os valores da estrutura horizontal e vertical.

$$IVIA = IVI + PsR$$

Em que:

IVIA = índice de valor de importância ampliado;

IVI = índice de valor de importância;

PsR = posição sociológica relativa.

Logo após a avaliação da fitossociologia, os dados foram distribuídos em classes diamétricas e hipsométricas, considerando-se uma amplitude de 5cm e 3cm, respectivamente. Esses valores foram selecionados por serem os mais comumente utilizados em trabalhos com florestas nativas (MARANGON *et al.*, 2008; GOMIDE *et al.*, 2009; BATISTA *et al.*, 2012).

#### **4.4. Estimativa da biomassa e do teor de carbono**

Tendo em vista o estudo ter sido realizado em uma área de compensação ambiental, onde não seria possível o abate dos indivíduos arbóreos para determinação da biomassa (método direto), fez-se uso do método indireto, utilizando-se a equação alométrica desenvolvida por SANQUETTA *et al.* (2018) em povoamentos jovens de restauração florestal, em Rondônia.

$$\log \text{Biomassa Total Seca} = -0,717903255 + 0,940214879 * \log DAP + \\ 1,345432588 * \log HT * 1,109844005$$

Com essa fórmula foi possível obter o valor em kg de biomassa acima do solo nos três anos de avaliação. Esses valores foram interpretados e os resultados expressos para área total amostrada, por espécies e por família botânica para cada ano de estudo, assim como o incremento de carbono do período de avaliação.

Para conversão dos valores de biomassa (ton) em carbono (ton) utilizou-se o fator 41,2%, encontrado por VIEIRA *et al.* (2009), através de determinação direta pelo método de combustão. Logo, pela multiplicação do valor da biomassa estimado de cada indivíduo pelo fator, pôde-se estimar o estoque de carbono por espécie e para a área total.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise estrutural da área

No inventário florestal realizado, foram mensurados 788 indivíduos em 2014, sendo estes classificados em 21 espécies pertencentes a 8 famílias botânicas. As espécies mais expressivas em número de indivíduos nesse ano foram *Schinus terebinthifolia* Raddi (360 ind.), a *Cassia grandis* L.f. (130 ind.) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (44 ind.). Em relação a 2015, o número de indivíduos aumentou para 819, com a presença de uma nova espécie (*Leucaena leucocephala*), representada por apenas um indivíduo. Para a avaliação de 2016, foi observado apenas o acúmulo de biomassa e aumento do número de indivíduos para 833.

As espécies com maior número de indivíduos e assim as espécies com maior representatividade nas unidades amostrais permaneceram as mesmas, considerando as três avaliações. As famílias botânicas de maior diversidade na área, foram a Fabaceae e Anacardiaceae, que juntas representaram aproximadamente 85% dos indivíduos identificados, sendo as outras 6 famílias botânicas constituintes dos 15% restante.

Não houve alterações relevantes na diversidade florística da área amostrada, fato que pode ser explicado pela afirmação de que florestas tropicais normalmente apresentam variações nem sempre expressivas em sua composição florística quando considerados curtos intervalos de tempo (CAVALCANTI, 2008; GONZAGA, 2008).

No entanto, Déda (2017) constatou a ocorrência de 71 espécies arbustivo-arbóreas na composição florística considerando a área total de implantação do projeto de restauração. Do total das espécies identificadas, 13,57% são exóticas que se estabeleceram na área através de mecanismos de dispersão ou pela ação humana. Tais resultados mostram que de maneira geral a área apresenta aumento da diversidade, considerando a área originalmente implantada, onde foram inseridas 31 espécies, apresentando indícios do processo de sucessão, apesar desse resultado não ter sido representado pela área amostral.

As alterações apresentadas na área amostrada do povoamento florestal em estudo referem-se basicamente ao incremento em biomassa, presença de novos indivíduos e à mortalidade de árvores (Tabela 1), dentro das mesmas espécies que haviam sido anteriormente catalogadas, e esses processos fazem parte da dinâmica natural de uma floresta (PINTO, 1997; FELFILI, 2000).

**Tabela 1. Espécies de maior representatividade em número de indivíduos (comparativo entre medições realizadas em três inventários florestais consecutivos, 2014, 2015 e 2016), em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

Família	Nome Científico	Nome Popular	Nº 2014	Nº 2015	Nº 2016
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira	360	374	380
Fabaceae	<i>Cassia grandis</i> L.f.	Canafístula	130	127	128
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. Morong.	Tamboril	44	60	62

A falta de alterações na diversidade florística da área considerando o intervalo de tempo de estudo, pode estar relacionada ao fato da área amostrada não expressar significativamente os resultados do processo de regeneração natural, já que ao caminhar pela área pode-se observar a presença de espécies exóticas e nativas que não foram plantadas no projeto inicial e que não foram representadas nas parcelas (Figura 2). Outro fator que pode ser considerado é o limite mínimo de inclusão dos indivíduos ( $CAP \geq 15\text{cm}$ ), não representando dentro das parcelas os novos indivíduos de espécies diferentes.



**Figura 2. Estádio atual da área de estudo, em processo de restauração após 12 anos de plantio misto, no município de Laranjeiras, Sergipe. Vista geral da área.**

Fonte: Déda (2017).

Avaliando os processos dinâmicos da comunidade florestal em estudo foi constada a ocorrência de indivíduos mortos por causas desconhecidas (Tabela 2). A mortalidade dos indivíduos pode estar relacionada a dois fatores: adaptação das espécies, por se tratar de uma área de regeneração artificial, ou ainda à sucessão ecológica, por serem de espécies pioneiras as maiores taxas de mortalidade, podendo indicar que a área encontra-se em processo de desenvolvimento ecológico.



**Tabela 2. Variações e estimadores da dinâmica da comunidade arbórea, expresso em número de indivíduos, para três inventários consecutivos, realizados em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

	Nº de árvores	Mortas	Ingresso	Taxa de mortalidade	Taxa de Recrutamento
Inventário 2014	788	-	-	-	-
Inventário 2015	819	9	31	1,10%	3,80%
Inventário 2016	833	13	14	1,60%	1,70%
Sobreviventes em 2016	820	-	-	-	-

Por meio de comparações da estrutura horizontal dos três anos de avaliação da área de estudo (Tabela 3), também não foram constatadas grandes variações das espécies, de maneira geral, de acordo com os parâmetros fitossociológicos. As espécies de maior representatividade nas avaliações realizadas em 2014 e 2015 continuam a expressar na avaliação de 2016 os maiores valores de densidade, frequência, dominância e valor de importância, sendo elas *Schinus terebinthifolia* Raddi, seguida pelas espécies *Cassia grandis* L.d.; *Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong.; *Lonchocarpus sericeus* (Poir) DC. e *Inga vera* L.

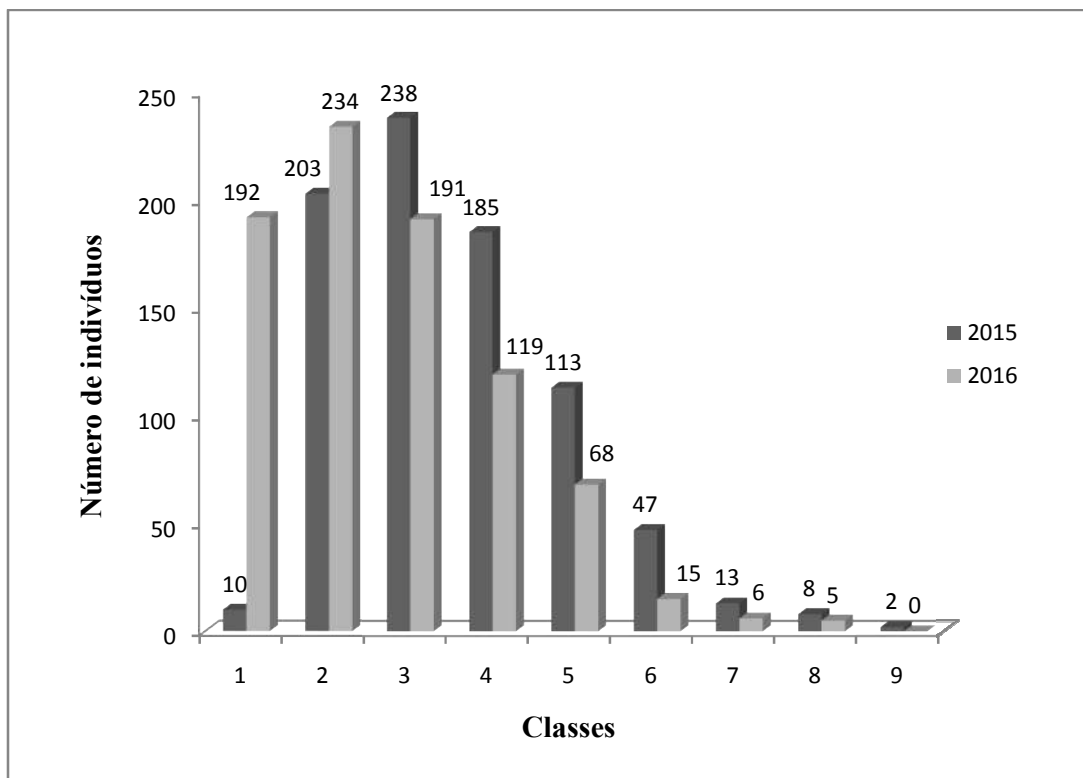
**Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos caracterizando a estrutura horizontal das espécies avaliadas na área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

Nome Científico	2014					2015					2016				
	N	DR	FR	DoR	IVI (%)	N	DR	FR	DoR	IVI (%)	N	DR	FR	DoR	IVI (%)
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	360	45,69	15,26	38,36	33,10	374	45,67	14,65	42,21	34,18	380	46,34	14,87	42,95	34,72
<i>Cassia grandis</i> L.f.	130	16,50	14,74	17,63	16,29	127	15,51	14,14	15,71	15,12	128	15,61	14,36	15,66	15,21
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. Morong.	49	6,22	10,00	4,88	7,03	60	7,33	10,61	5,54	7,82	62	7,56	10,77	5,43	7,92
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC.	33	4,19	8,42	10,37	7,66	33	4,03	8,08	9,38	7,16	34	4,15	8,21	9,99	7,45
<i>Inga vera</i> Willd	35	4,44	8,95	7,12	6,84	37	4,52	9,09	7,22	6,94	34	4,15	9,23	6,15	6,51
<i>Genipa americana</i> L.	43	5,46	8,95	3,23	5,88	45	5,49	9,09	3,07	5,89	47	5,73	9,23	3,13	6,03
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	29	3,68	7,37	6,25	5,77	31	3,79	7,58	5,24	5,53	27	3,29	7,18	4,96	5,14
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	43	5,46	6,84	4,82	5,71	43	5,25	6,06	4,66	5,32	43	5,24	6,15	5,10	5,50
<i>Psidium guajava</i> L.	17	2,16	4,74	0,63	2,51	19	2,32	5,56	0,64	2,84	16	1,95	4,62	0,57	2,38
<i>Caesalpinia liyostachya</i> (Brent.) Ducke	14	1,78	4,21	0,55	2,18	15	1,83	4,04	0,49	2,12	15	1,83	4,10	0,52	2,15
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	10	1,27	2,63	2,41	2,10	9	1,10	2,53	1,83	1,82	9	1,10	2,56	1,76	1,81
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Brent.) Ducke	7	0,89	2,11	1,89	1,63	9	1,10	2,02	2,15	1,76	8	0,98	2,05	1,87	1,63
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	2	0,25	1,05	0,32	0,54	3	0,37	1,52	0,46	0,78	3	0,37	1,54	0,44	0,78
<i>Sapindus saponaria</i> L.	3	0,38	1,05	0,79	0,74	3	0,37	1,01	0,74	0,71	3	0,37	1,03	0,83	0,74
<i>Tapirira guianensis</i> Aublet	5	0,63	1,05	0,11	0,60	4	0,49	1,01	0,08	0,53	4	0,49	1,03	0,08	0,53
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	2	0,25	0,53	0,07	0,28	2	0,24	0,51	0,10	0,28	2	0,24	0,51	0,09	0,28
<i>Inga laurina</i> Willd	1	0,13	0,53	0,10	0,25	1	0,12	0,51	0,19	0,27	1	0,12	0,51	0,18	0,27
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Y. T. Lee & Langenh	1	0,13	0,53	0,15	0,27	1	0,12	0,51	0,15	0,26	1	0,12	0,51	0,15	0,26
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	1	0,13	0,53	0,10	0,25	1	0,12	0,51	0,08	0,24	1	0,12	0,51	0,08	0,24
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,12	0,51	0,04	0,22	1	0,12	0,51	0,03	0,22
<i>Spondias mombin</i> L.	3	0,38	0,53	0,2	0,37	1	0,12	0,51	0,02	0,21	1	0,12	0,51	0,02	0,22
TOTAL	788	100	100	100	100	819	100	100	100	100	820	100	100	100	100

Em estudo sobre a dinâmica da vegetação arbórea do bioma Cerrado, na área de proteção das matas de galeria do Catetinho, em Brasília, Braga e Rezende (2007), identificaram que 5 das 96 espécies catalogadas na área de estudo, mantiveram-se no patamar das mais importantes espécies por 11 anos, sendo apenas ampliadas as suas importâncias ao longo do tempo. Dessa forma, foi possível observar que o intervalo de tempo entre as avaliações pode gerar informações errôneas sobre os processos dinâmicos que ocorrem em uma floresta. Esse fato mostra a importância da realização de avaliações em curtos intervalos de tempo e com longos períodos de monitoramento.

Estudando a dinâmica em uma comunidade arbórea do bioma Mata Atlântica no estado de Minas Gerais, Chelene (2014), pôde observar o aumento e continuidade da importância de algumas espécies por avaliações consecutivas, resultado também encontrado no presente trabalho, pelo destaque da espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi nas três avaliações realizadas.

Complementando a análise da estrutura horizontal, a distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro considerando os dados provenientes dos inventários realizados em 2015 e 2016 (Figura 3), apresentou uma tendência na sua representação gráfica que se assemelha ao modelo de “J” invertido ou exponencial negativo, com maior concentração dos indivíduos nas menores classes diâmetro. Do total de indivíduos computados, 74,34% ficaram concentrados nas três primeiras classes. Esse comportamento é característico de florestas naturais tropicais inequiduais, onde a maior frequência dos indivíduos nas classes de menores diâmetros significa que o número de indivíduos jovens é maior do que o de adultos (MACHADO *et al.*, 2004). Tal informação auxilia nas diretrizes para adoção de melhores práticas de manejo, além de subsidiar técnicas e metodologias para a conservação e recuperação de remanescentes florestais (SILVA e SCARIOT, 2003).



**Figura 3. Distribuição da frequência dos indivíduos em classes de diâmetro, considerando uma amplitude de 5cm, em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

Comparando-se a evolução do comportamento da distribuição diamétrica do fragmento avaliado observou-se que, na ocasião do segundo inventário, a maioria dos indivíduos concentrava-se na classe 3 (29,06%). No terceiro inventário, a maior concentração dos indivíduos foi na classe 2 (28,1%), sendo também observado o aumento no número de indivíduos pertencentes a classe 1 compreendendo os indivíduos mais jovens de regeneração que apresentaram incremento em biomassa passando a atingir o diâmetro mínimo ( $DAP \geq 5\text{cm}$ ) estabelecido para as medições. Esse resultado aumenta ainda mais a semelhança aos gráficos das florestas naturais tropicais, indicando que o componente florestal avaliado encontra-se em desenvolvimento sucessional.

Em estudo realizado por Alves Júnior *et al.* (2007) em fragmento de Mata Atlântica em Recife, Pernambuco, foi constatado que as espécies avaliadas individualmente quanto a sua distribuição diamétrica, com amplitude de 5cm, apresentavam um modelo de distribuição descontínuo, não seguindo exatamente ao modelo de J-invertido, concluindo que essas variações podem estar relacionadas à ecologia populacional de cada espécie.

Em estudo realizado com vegetação no entorno de nascentes no município de Lagarto/SE, foi observado que as nascentes consideradas preservadas apresentaram a

distribuição diamétrica seguindo o modelo de “J” invertido, enquanto que as categorias perturbadas e degradadas apresentaram uma distribuição descontínua, concluindo de que as classificações dadas às nascentes quanto ao seu grau de conservação condizem com a realidade observada por meio das distribuições diamétricas realizadas, uma vez que as nascentes preservadas apresentaram modelo de distribuição semelhante a das florestas tropicais nativas (OLIVEIRA, 2010).

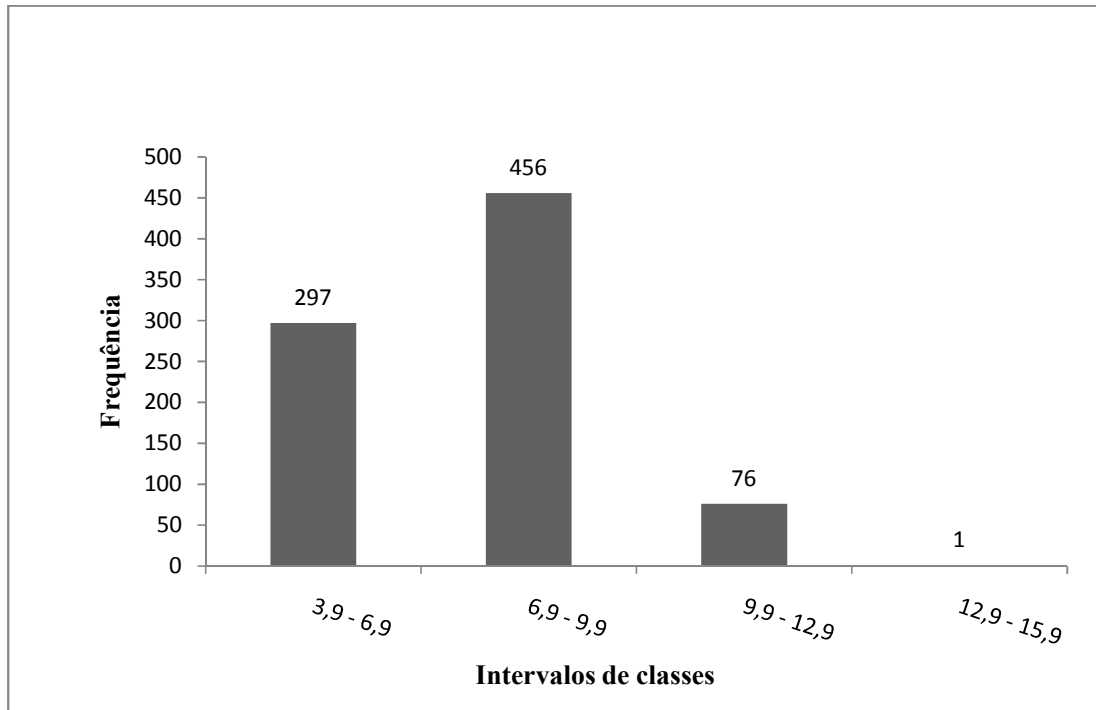
Embasando os resultados obtidos por Oliveira (2010), podemos citar a afirmação feita por Scolforo *et al.* (1998), de que à medida que o povoamento florestal adquire o modelo de distribuição J-invertido, as espécies que compõem a comunidade encontra-se num estágio de estabilidade e de auto-regeneração, existindo um balanço entre a mortalidade e o recrutamento dos indivíduos. Dessa forma, observando a configuração do gráfico de distribuição diamétrica obtida no presente estudo, e baseado nos resultados apresentados por Oliveira (2010), é possível sugerir que a vegetação em estudo está a caminho desse estágio de estabilidade e auto-regeneração descrito por Scolforo *et al.* (1998).

Analisando-se o estrato arbóreo da comunidade vegetal em estudo, observou-se que o dossel é composto predominantemente por indivíduos que possuem alturas variando entre 5,80 e 9,90 metros, que corresponde ao estrato intermediário (Tabela 4). O dossel superior da floresta é formado por indivíduos de alturas superiores a 9,09m, com predominância de espécies pioneiras.

**Tabela 4. Estrutura vertical, comparativo entre os anos de 2015 e 2016, da área de reflorestamento misto pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

Nome científico	2015				2016			
	H < 5,80	5,80 ≤ H < 8,57	H ≥ 8,57	PSR	H < 6,34	6,34 ≤ H < 9,09	H ≥ 9,09	PSR
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	101	248	25	48,96	86	269	25	51,04
<i>Cassia grandis</i> L.f.	7	64	56	13,63	12	55	61	12,88
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. Morong.	21	22	17	5,83	21	23	18	5,97
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) DC.	4	23	6	4,35	3	24	7	4,51
<i>Inga vera</i> L.	7	27	3	5,08	5	26	3	4,76
<i>Genipa americana</i> L.	8	28	9	5,58	10	26	11	5,46
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	19	9	3	2,90	14	10	3	2,65
<i>Erythrina velutina</i>	7	36	0	6,43	6	35	2	6,27
<i>Psidium guajava</i> L.	12	7	0	1,96	10	6	0	1,59
<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Brent.) Ducke	8	7	0	1,69	9	6	0	1,53
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1	3	5	0,79	1	2	6	0,69
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Brent.) Ducke	1	0	8	0,43	0	1	7	0,51
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	0	1	2	0,26	0	1	2	0,27
<i>Sapindus saponaria</i> L.	0	3	0	0,50	0	3	0	0,50
<i>Tapirira guianensis</i> Aublet	0	4	0	0,66	0	3	1	0,55
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	1	1	0	0,23	1	1	0	0,23
<i>Inga laurina</i> Willd	0	1	0	0,17	0	1	0	0,17
<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Y. T. Lee & Langenh	0	1	0	0,17	0	0	1	0,05
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	0	1	0	0,17	0	1	0	0,17
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	0	0	1	0,05	0	0	1	0,05
<i>Spondias mombin</i> L.	0	1	0	0,17	0	1	0	0,17
TOTAL	197	487	135	100	178	494	148	100

Na distribuição dos indivíduos por classes de altura a maior parte (54,9%) posicionou-se na classe central (Classe 2), com altura variando entre 6,9 e 9,9 metros, com 35,7% compondo o estrato inferior, e apenas 9,3% dos indivíduos compondo o estrato superior da floresta.



**Figura 4. Distribuição hipsométrica (2016), em classes de altura, com amplitude de 3,0m, da comunidade florestal presente em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

Avaliando um trecho de mata ciliar no município de São Cristóvão, SE, Santos *et al.* (2007) constataram que a vegetação avaliada apresentava médio porte, com uma altura máxima chegando a 15m, indicando que a área apresenta boa regeneração das populações, sugerindo o avanço no estabelecimento dessa comunidade.

Em área de vegetação secundária tardia de Mata Atlântica, no município de Santa Teresa, ES, o estrato dominante encontrado por Oliveira *et al.* (2013) era composto por indivíduos de altura variando de 15 a 25 metros, confirmando a afirmação de que em comunidades com sucessão mais avançada, a altura do dossel é maior que as comunidades em sucessão mais inicial (MARTINS, 1993). Como na presente avaliação o estrato intermediário (6,9 a 9,9 metros) concentrou o maior número de indivíduos, pode-se concluir que se trata de uma vegetação de sucessão ecológica inicial em crescimento.

Os estudos sobre a estratificação de um componente florestal pode auxiliar no entendimento sobre o crescimento, sobrevivência e dar indícios do estágio sucessional da

vegetação, servindo como subsídio às estratégias de regeneração natural, podendo também verificar quais espécies irão compor a comunidade dinâmica em seu estágio clímax (SANQUETTA, 1995; SCOLFORO, 2006).

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram a hipótese de que apesar da área ter sofrido descaracterização da sua vegetação natural pela substituição por monocultivo de cana-de-açúcar, a comunidade vegetal implantada nos anos de 2004 e 2005, encontra-se em bom estágio de desenvolvimento, em geral com baixos índices de mortalidade e alto incremento, expresso pelo crescimento em DAP. Contudo, ainda não é possível obter conclusões sobre seu estágio sucessional, uma vez que a predominância das espécies clímax está associada à implantação em maior número de espécies deste grupo ecológico, no período de reflorestamento da área.

A escassez de estudos florísticos e fitossociológicos realizados em áreas do bioma Mata Atlântica no estado de Sergipe, dificulta a comparação entre áreas de restauração de biodiversidade florestal, tornando-se dessa forma, necessária a realização de trabalhos em remanescentes naturais e em áreas já restauradas, a fim de subsidiar ações de conservação e restauração florestal.

## **5.2. Biomassa e Carbono**

Analisando-se os resultados, e tendo em vista se tratar de uma formação florestal heterogênea com diferentes estágios sucessionais, a estimativa da biomassa nas 30 unidades amostrais instaladas na área apresentou valores bastante heterogêneos, variando de 0,20ton/ha a 1,64ton/ha.

A biomassa média estocada no período de realização do estudo, considerando a área total avaliada (1,8ha) foi de 33,12ton, sendo que destes, 13,66ton de carbono orgânico, correspondendo a 41,2% da biomassa total.

A área de restauração apresentou valores de biomassa total acima do solo de 15,64 ton/ha em 2014, aumentando em 2016 para 21,13 ton/ha, sendo o IPA da biomassa de 2,7ton/ha/ano, enquanto que o carbono apresentou um IPA de 1,1ton/ha/ano (Tabela 5).



**Tabela 5. Estimativa de biomassa e carbono (ton/ha) da comunidade florestal, presente em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A. Laranjeiras, SE.**

	2014	2015	2016
<b>Biomassa Total (ton/ha)</b>	15,64	18,44	21,13
<b>Carbono total (ton/ha)</b>	6,44	7,59	8,70

Em Curitiba, PR, Barreto *et al.* (2014), analisando em um período de 5 anos um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista, encontraram nas estimativas da biomassa total o valor de 236,60ton/ha em 2009 e 257,25ton/ha em 2013, sendo o IPA da biomassa de 5,16ton/ha/ano. Comparando-se os resultados obtidos nos dois estudos, pode-se inferir que, apesar do baixo valor de estimativa de biomassa, a área de restauração apresentou uma boa taxa de incremento (2,7ton/ha/ano) no intervalo de 2 anos.

Em área de restauração em Floresta Semidecidual, no município de Itutinga, MG, Silva (2014) encontrou valores de incremento periódico anual do estoque de carbono variando entre 0,22ton/ha/ano e 1,11ton/ha/ano entre as unidades amostrais, com um valor médio de 0,61ton/ha/ano. As diferenças verificadas no potencial de fixação de carbono, entre as diferentes áreas florestais, refletem a variação de inúmeros fatores, incluindo a composição da comunidade arbórea, o histórico de perturbação, o estágio sucessional, além de condições climáticas e edáficas.

Trabalhando em áreas de restauração florestal (10 anos de plantio) com espécies do bioma Mata Atlântica, no litoral do Paraná, Borges *et al.* (2017), encontrou o valor de 21,24 ton/ha para florestas secundárias em estágio inicial. Já Miranda (2008) também avaliando a produção de biomassa nos plantios de áreas de restauração florestal, no sudoeste paulista, com idades de 6 e 17 anos obteve 15,9ton/ha e 221,5ton/ha, respectivamente.

Em contrapartida, Cunha e Camargos (2013) encontram valores de 32,12ton/ha e 16,06ton/ha para biomassa e carbono, respectivamente, em floresta de restauração no Sul da Bahia com 14 anos de plantio. Tendo em vista que a biomassa está relacionada com a idade da floresta e o grupo ecológico das espécies, o seu acúmulo em projetos de restauração pode variar bastante (BORGES *et al.*, 2017).

A partir da determinação de biomassa pelo método destrutivo em florestas de diferentes estágios sucessionais, na região sul do Estado do Paraná, Watzlawick *et al.* (2002) obtiveram uma biomassa total acima do solo igual a 68,37ton/ha para floresta em

estágio de regeneração inicial, 168,84ton/ha estágio médio e 397,79ton/ha para floresta em estágio de regeneração avançado.

A estimativa da biomassa encontrada na área do presente estudo foi considerada baixa se comparada à maioria dos trabalhos realizados em fragmentos naturais de Mata Atlântica. Porém, como a área se apresenta em estágio inicial de sucessão há tendência de continuidade de seu crescimento, aumentando com isso o estoque de biomassa e carbono nos próximos anos. Além disso, nesse estudo foram consideradas apenas os indivíduos arbóreos que possuíam CAP  $\geq 15$ cm e assim uma grande parcela do carbono na forma de regeneração natural deixou de ser contabilizada, como também não foram consideradas a biomassa de galhos, folhas, casca e morta acima do solo, por exemplo.

Do total da biomassa encontrada na área, as espécies que mais contribuíram foram: *Schinus terebinthifolia* Raddi e *Cassia grandis* L.f. Estas espécies apresentaram destaque nos três anos de avaliações, sendo sua representatividade diminuída à medida que outras espécies aumentavam seu estoque de biomassa e carbono (Tabela 6). A espécie *Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong. apresentou destaque nas avaliações de 2014 e 2015 no entanto, para o ano de 2016 seu teor de biomassa foi menor que o da espécie *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) DC.

**Tabela 6. Estimativa da biomassa (ton/ha) por espécie (comparativo dos três anos de avaliação), em área de reflorestamento misto, pertencente à empresa Votorantim Cimentos S.A., Laranjeiras, SE.**

Espécie	Nome Popular	Biomassa (ton/ha)		
		2014	2015	2016
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira	6,78	7,61	8,9
<i>Cassia grandis</i> L.f.	Canafístula	3,19	3,62	4,02
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. Morong.	Tamboril	1,03	1,25	1,41
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) DC.	Falso-Ingá	0,96	1,17	1,44
Outras		3,66	4,77	5,37

A contribuição efetiva das espécies *Schinus terebinthifolia* Raddi; *Cassia grandis* L.f. em relação às demais é devido as mesmas possuírem os maiores IVI (Índice de Valor de Importância) nos três anos de avaliações fitossociológicas.

Trabalhando com espécies arbóreas da Floresta Atlântica, Shimamoto (2012), concluiu que diferentes grupos ecológicos apresentam diferenças em relação ao

crescimento em circunferência e ao acúmulo de biomassa, encontrando um teor de biomassa em espécies não pioneiras de quase o dobro da biomassa média encontrada nas espécies pioneiras.

No presente estudo, essa proporção não pôde ser observada, uma vez que a maioria dos indivíduos encontrada na área pertence ao grupo sucessional das pioneiras (58%), correspondendo a cerca de 53,3% da biomassa total, enquanto que as espécies de grupos sucessionais mais avançados (40,9%) representaram cerca de 46% da biomassa total e as espécies não identificadas quanto aos grupos sucessionais constituíram a biomassa restante. Dessa forma, a espécie que apresentou maior incremento e teor de biomassa e carbono foi a *Schinus terebinthifolia* Raddi, classificada como pioneira.

O destaque desta espécie também pode estar relacionado à sua densidade média (0,8 g/cm<sup>3</sup>), encontrada por Cunha e Camargos (2013), uma das maiores dentre as demais espécies. Ainda segundo os autores, existe uma tendência de espécies com maiores densidades terem maior estoque de biomassa e carbono, quando se trata de biomassa por indivíduo e densidade por espécie.

As informações geradas por esse estudo podem fornecer suporte para programas de conservação de florestas naturais e de restauração de áreas degradadas que visem promover um aumento do estoque de carbono no local e a comercialização de créditos de carbono florestal pela redução de emissões por desmatamento e degradação das florestas naturais. Dessa forma há uma necessidade de realização de mais estudos de quantificação de carbono em outras áreas de domínio do bioma Mata Atlântica no estado de Sergipe, para geração de informações que possam compor um banco de dados.

Sugere-se ainda que na realização de estudos posteriores também sejam avaliadas a biomassa da regeneração natural, bem como outras medidas para se estimar o carbono total da área, envolvendo a biomassa de galhos e indivíduos mortos acima do solo, por exemplo. A inclusão de estimativas de outros compartimentos, além de fornecer estimativas mais precisas do potencial de estoque de carbono pelas florestas naturais, permite um melhor conhecimento da dinâmica do ciclo do carbono.

## 6. CONCLUSÕES

A restauração da área está contribuindo para a conservação e recuperação da biodiversidade e no fornecimento de serviços ambientais, incluindo a conservação do solo e da água, além do sequestro de carbono.

A área implantada em 2005, apesar da inexpressividade de alterações na composição florística original, já apresenta características de uma floresta em regeneração natural, devido à presença de espécies exóticas e nativas que não foram introduzidas na área durante a fase de implantação.

A estimativa da biomassa encontrada na área do presente estudo foi considerada baixa. Porém, como a área se apresenta em estágio inicial de sucessão, há tendência de continuidade de seu crescimento, aumentando com isso o estoque de biomassa e carbono nos próximos anos.

A espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi teve a maior contribuição no acúmulo de carbono na área, seguido pela *Cassia grandis* L.f. e *Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong. Estas espécies também obtiveram os maiores índices na avaliação fitossociológica, nos três inventários realizados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. C. **Modelagem de biomassa e de nutrientes de espécies da caatinga no município de Floresta-PE**. 2012. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2012.
- APG III - Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, p. 105-121. 2009.
- ALMEIDA, E. M.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; FINGER, Z. Determinação do estoque de carbono em Teca (*Tectona grandis* LF.) em diferentes idades. **Ciência Florestal**, v.20, n.4, p. 559-568, 2010.
- ALVES JÚNIOR, F. T.; BRANDÃO, C. F. L. S.; ROCHA, K. D.; SILVA, T. S.; MARAGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C. Estrutura diamétrica e hipsométrica do componente arbóreo de um fragmento de Mata Atlântica, Recife, PE. **Revista Cerne**, v.13, n.1, p. 83-95, 2007.
- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa – MG**. 2010. 168p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2010.
- ARAÚJO JÚNIOR, C. A.; NOGUEIRA, G. S.; OLIVEIRA, M. L. R.; MIRANDA, R. O. V.; CASTRO, R. V. O.; PELLI, E. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.11, p.1275-1281, 2010.
- BALBINOT, R.; KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; MARCENE, E. A. Ajuste de equações alométricas para *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. utilizando análise de componentes principais conjuntamente com análise de regressão. **Floresta**, v.39, n.2, p.232-237, 2009.
- BARRETO, E. A. S.; ALMEIDA, E. A. B. Levantamento espeleológico do estado de Sergipe: diagnóstico preliminar do município de Laranjeiras. **Direto do Centro da Terra**, v.1, n.1, p.23-31, 2007.
- BARRETO, T. G.; CORTE, A. P. D.; MOGNON, F.; RODRIGUES, A. L.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da biomassa e do carbono em fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n.18, p.1300, 2014.
- BARTOSZECK, A. C. de P. e S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em bracingais da região metropolitana de Curitiba**. 2000. 235p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2000.
- BATISTA, A. P. B.; MARANGON, L. C.; LIMA, R. B.; SANTOS, R. C.; JÚNIOR, E. B. Estrutura fitossociológica, diamétrica e hipsométrica da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Atlântica no município de Moreno, Pernambuco, Brasil. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.17, n.5, p.114-120, 2012.

- BÖHME, M. T. S. Cineantropometria – Componentes da constituição corporal. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.2, n.1, p.72-79, 2000.
- BOMFIM, L. F. C.; COSTA, I. V. G.; BENVENITI, S. M. P. **Projeto Cadastro da Infraestrutura Hídrica do Nordeste**: Estado de Sergipe - Diagnóstico do Município de Laranjeiras. Aracaju: CPRM, 2002. 25p.
- BORGES, R. A.; BROGES, A. V. P.; MALTAR, E. A.; SCHAFFER, L. H.; ANGELO, A. C.; CARPANEZZI, A.; NEVES, E. J. M.; BRITZ, R. M. **Estoque de carbono em área de pastagem em restauração com espécies do bioma Mata Atlântica no Litoral do Paraná**. UFPR, 2017. Disponível em: [www.engenhariaflorestal.ufpr.br/engflorestalcoord/tcc/055%20-20%20ricardo%20aguilar%20borges%20art.pdf](http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/engflorestalcoord/tcc/055%20-20%20ricardo%20aguilar%20borges%20art.pdf)
- BRAGA, F. M. S.; REZENDE, A. V. Dinâmica da vegetação arbórea da Mata de galeria do Catetinho. **Revista Cerne**, v.13, n.2, p. 138-148, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2000. Seção 1, p. 01-06.
- BRITZ, R. M.; BORGES, R. A.; TIEPOLO, G.; FERRELLI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil**. 1ª Ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 165p.
- CAVALCANTI, A. D. C. **Variação temporal do componente lenhoso e de cactáceas de uma área de Caatinga em Betânia/PE**. 2008. 86p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2008.
- CHANG, M. Sequestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n.102, p. 85-101, 2002.
- CHELENE, I. S. **Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento da Mata Atlântica em Luminárias, Sul de Minas Gerais**. 2014. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.
- CIENTEC. 2005. **Mata Nativa 2**: Sistemas para análise fitossociológica e elaboração de inventários e planos de manejo de florestas nativas. Versão 2. 03. 2005.
- CUNHA, E. G. S.; CAMARGOS, V. L. Quantificação de biomassa e estoque de carbono em restauração florestal no Sul da Bahia. In: **IV CONEFLO – III SEEFLO**, 2013, Vitória da Conquista, BA.
- DÉDA, R. M. **Indicadores biológicos para avaliação do status de desenvolvimento em área de povoamento misto em Mata Atlântica após 12 anos de plantio**. 2017. 83p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017.
- ENCINAS, J. I.; SANTANA, O. A.; RIBEIRO, G. S.; IMAÑA, C. R. Estrutura diamétrica de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual na área do Ecomuseu do cerrado. **Revista Cerne**, v.15, n.2, p.155-165, 2009.

FELFILI, J. M. Crescimento, recrutamento e mortalidade nas matas de galeria do Planalto Central. **Tópicos atuais em Botânica: Palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica**. Brasília, DF: Embrapa, 2000. P. 152-158.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. 60p.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. Distribuição dos diâmetros numa faixa de cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL). **Acta Botanica Brasilica**, v.2, n. 1-2, p.85-104, 1988.

FERNANDES, G. A.; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. v.4. 205p.

FERREIRA, J. C. S. **Análise da estrutura diamétrica em povoamentos de florestas plantadas a partir de funções de densidade de probabilidade**. 2011. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p.520-540, 2012.

GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise das estruturas diamétricas e hipsométricas de fragmentos florestais localizados na bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais, Brasil. **Revista Floresta**, v. 39, n.12, p. 239-251, 2009.

GONZAGA, A. P. D. **Dinâmica da regeneração natural de Florestas Estacionais Deciduais em Montes Claros, MG**. 2008. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. Rio de Janeiro, **Anais do Seminário Emissão x Sequestro de CO<sup>2</sup>: uma oportunidade de negócios para o Brasil**. Companhia Vale do Rio Doce, 1994. P.125-145.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINELTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, v.28, p.153-165. 1998.

IESB – Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia. **Levantamento da cobertura vegetal nativa do bioma Mata Atlântica**, 2007. Rio de Janeiro. Disponível em:  
[www.ambienteduran.eng.br/system/files/publicador/publicações/mata%20atlantica%20relatorio\\_final.pdf](http://www.ambienteduran.eng.br/system/files/publicador/publicações/mata%20atlantica%20relatorio_final.pdf).

LÍBANO, A.M.; FELFILI, J.M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 927-936, 2006.

LIMA, R. B. **Distribuição diamétrica e volumétrica em vegetação de caatinga arbustiva-arbórea, Floresta – Pernambuco**. 2014. 138p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2014.

- LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M.; KELLIMG, M. B.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I.; BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmentos de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v.10, n.2, p. 59-74, 2000.
- MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; BORÉM, R. A. T.; BOTEZELLI, L. Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na Fazenda Beira Lago. **Revista Árvore**, v.28, n.4, p.449-516, 2004.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; MIGUEL, E. P.; TEO, S. J. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **ScientiaAgrária**, v.10, n.2, p.103-110, 2009.
- MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; BRANDÃO, C. F. L. S.; ALVES JÚNIOR, F. T. Relações florísticas, estrutura diamétrica e hipsométrica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa (MG). **Revista Floresta**, v.38, n.4, p. 699-709, 2008.
- MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. 2ª Ed. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, São Paulo, 1993.
- MARTINS, P. J. **Biomassa vegetal, estoque de carbono e dinâmica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana**. 2011. 86p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro- Oeste, Guarapuava, PR, 2011.
- MELO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com história de usos diferentes no nordeste do Pará, Brasil**. 2004. 116p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, SP, 2004.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Florestalis**, n. 71, p. 149-154, 2006.
- MIRANDA, D. L. C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. 2008. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.
- MOGNON, F. **Dinâmica de estoque de carbono como serviço ambiental prestado por um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, localizada no Sul do Estado do Paraná**. 2011. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.
- MOREIRA, A. R. P.; MARACAJA, P. B.; GUERRA, A. M. N. M.; FILHO, F. A. S.; PEREIRA, T. F. C. Composição florística e análise fitossociológica arbustivo arbóreo no município de Caraúbas – RN. **Revista Verde**, v.2, n.1, p. 113-126. 2007.
- MOURA, M. A. **Análise do componente arbóreo em área de reflorestamento misto na Mata Atlântica, no município de Laranjeiras, Sergipe**. 2016. 45p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2017.
- MOUTINHO, P.; BUENO, M. O inventário brasileiro de emissões e o desmatamento na Amazônia. **Clima em Revista**, v.2, n. 3, p. 1, 2002.



NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Revista Parcerias Estratégicas**, n.2, p. 239-258, 2001.

NOSSACK, F. A.; SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; MORAES, D. C. A. e ZIMBACK, C. R. L. Definição de áreas prioritárias para a recuperação florestal visando 92 conectividade entre fragmentos: Análise Multicriterial. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, INPE, Curitiba, 2011, p.4062-4069.

OLIVEIRA, D. G. **Análise da vegetação no entorno de nascentes localizadas no município de Salgado/SE, pertencentes à sub-bacia hidrográfica do Rio Piautinga**. 2010. 85p. Monografia (Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2010.

OLIVEIRA, B. R.; BRAVO, V. J.; BRAVO, M. A.; FRANCO, B. K. S. Florística e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa, Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil. **Natureza Online**, v.11, n.4, p. 187-192, 2013.

PASSOS, C. A. M.; BRAZ, E.M. Manejo florestal e silvicultura de precisão na Amazônia. **Revista Madeira**, n.85, 2004.

PEREIRA, I. C. N. **Estoque da biomassa e carbono florestal em unidade de paisagem na Amazônia: uma análise a partir da abordagem metodológica, ecologia da paisagem**. 2013. 179p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2013.

PINTO, J. R. R. **Levantamento florístico, estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva e suas correlações com variáveis ambientais em uma floresta de Vale no Parque Nacional Chapada dos Guimarães, Mato Grosso**. 1997. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1997.

PROCLIMA. 2008. **Mercado de carbono, conceito, formação e funcionamento**. Disponível em: [http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/mercado\\_carbono/conceito.asp](http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/mercado_carbono/conceito.asp)

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 2003. 196p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2003.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama h-M. **Ciência Florestal**, v.5, n.1, p.55-68, 1995.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba/PR: UFPR, 1996. 49p.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed.). **As Florestas e o Carbono**. Curitiba, 2002. P.119-140.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: AM Impressos. P. 95-124, 2004.

SANQUETTA, C. R.; BASTOS, A.; SANQUETTA, M. N. I.; QUEIROZ, A.; DALLA, CORTE, A. P.; DOLCE, M. Estoque de carbono e remoção de  $CO_2$  em povoamentos jovens de restauração florestal em Rondônia. **Nativa** (no prelo), 2018.

- SANTOS, J. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta úmida de terra firme da Amazônia brasileira**. 1996. 121p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.
- SANTOS, M. J. C.; FREITAS, A. C.; RIBEIRO, G. T.; NASCIMENTO, A. V. S. Florística e fitossociologia no trecho ciliar do Rio Poxim, município de São Cristóvão, SE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.3, p. 223-227. 2007.
- SCHNEIDER, M.P.C., BATISTA, C.G., CARVALHO, D., CERQUEIRA, R., CIAMPI, A.N., FRANCESCHINELLI, E.V., GENTILE, R., GONÇALVES, E.C., GRATIVOL, A.D., NASCIMENTO, M.T., PÓVOA, J.R., VASCONCELOS, G.M.P., WADT, L.H. & WIEDERHECKER, H.C. Genética de populações naturais. In: D.M. Rambaldi & D.A.S. Oliveira (orgs.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília, MMA, SBF, 2003, p. 297-315.
- SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELO, J. M. **Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e análise estrutural**. Manejo Florestal, UFLA/FAEPE, Lavras, p.189-246, 1998.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE (Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu”) – Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas. 1998. 438p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2006. 393p.
- SERGIPE. Ministério do Interior: Conselho de Desenvolvimento de Sergipe. **Zoneamento ecológico – florestal do estado de Sergipe**. Aracaju, 1976. 107p.
- SHIMAMOTO, C. V. **Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas, como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica**. 2012. 52p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.2012.
- SILVA, A. L.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de uma Floresta Estacional Decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paranã). **Acta Botânica Brasilica**, v. 17, n.2, p.305-313, 2003.
- SILVA NETO, A. J. **Estratificação para estudo de dinâmica, estrutura e volumetria em Cerrado Senso Stricto**. 2011. 153p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.
- SILVA, R. P. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias da região de Manaus (AM)**. 2007. 151p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2007.
- SILVA, H. F. **Biomassa e carbono no estrato arbóreo em área de restauração e em floresta Semidecidual**. 2014. 64. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.
- SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa**. 2008. 112p. Tese

(Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. de P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa. Ed. UFV, 2006. 278p.

SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. **Regulação da produção em florestas inequidâneas**. Viçosa: Editora UFV, 1993. 147p.

TRAUTENMÜLLER, J. W. **Quantificação e distribuição do estoque de biomassa acima do solo em Floresta Estacional Decidual**. 2015. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Wesphalen, RS, 2015.

VELLOSO, H. P.; RAGEL- FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, 1991. 123p.

VIEIRA, G. **Modelagem da biomassa vida e do estoque de carbono em *Nectandra grandiflora* Ness em São João do Triunfo – PR**. 2012. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C. R.; KLÜPPEL, M. L. W.; BARBEIRO, L. S. S. Teores de carbono em espécies vegetais da Caatinga e do Cerrado. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambiental**, v.7, n.2, p.145-155. 2009.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRUBY, P. Quantificação da biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaata, RS. **Ciência Florestal**, v.16, n.4, p.419-425. 2006.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. **As florestas e o Carbono**, Curitiba:UFPR, 2002. P.153-173.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono de Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens de satélite IKONOS II**. 2003. 120p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2003.

WATZLAWICK, L. F.; EBLING, A. A.; RODRIGUES, A. L.; VERES, O. S. I.; LIMA, A. M. Variação nos teores de carbono orgânico em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, v.18, n.3, p.248-258, 2011.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. De O.; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. **Scientia Florestalis**, v. 40, n.95, p.353-363, 2012.

WEBER, K. S.; BALBINOT, R. WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, v.2, n.2, p.167-177, 2006.